

**PAT-NO:** JP401059064A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 01059064 A  
**TITLE:** ESTIMATING METHOD FOR MATERIAL  
DETERIORATION

**PUBN-DATE:** March 6, 1989

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
INUKAI, TAKAO	
ONO, MASAMITSU	

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
TOSHIBA CORP	N/A

**APPL-NO:** JP62214769

**APPL-DATE:** August 28, 1987

**INT-CL (IPC):** G01N033/20

**US-CL-CURRENT:** 73/866

**ABSTRACT:**

**PURPOSE:** To estimate the mechanical characteristics of a material by deciding the scale thickness of a material periodically and plotting the time and thickness on a bilogarithmic graph.

**CONSTITUTION:** Oxide scale sticks on the surface of a steam turbine rotor 1 put in high-temperature, high-pressure steam. An eddy current type scale thickness gauge 3 is fitted on the oxide scale 2 so as to measure its thickness. The scale thickness measured by the rotor periodically and the time are plotted on a bilogarithmic graph and the gradient is found; and the relation of (m) of a creep rupture characteristic found in an experimental room is used to find the rupture strength of the creep of the rotor. Consequently, the creep rupture is estimated nondestructively without damaging the rotor.

**COPYRIGHT:** (C)1989,JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭64-59064

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和64年(1989)3月6日

G 01 N 33/20

N-7055-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 材料劣化度推定法

⑯ 特 願 昭62-214769

⑰ 出 願 昭62(1987)8月28日

⑱ 発 明 者 犬 飼 隆 夫 神奈川県横浜市鶴見区末広町2-4 株式会社東芝京浜事業所内

⑲ 発 明 者 小 野 正 光 神奈川県横浜市鶴見区末広町2-4 株式会社東芝京浜事業所内

⑳ 出 願 人 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

㉑ 代 理 人 弁理士 須山 佐一

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

材料劣化度推定法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 高温下で長時間にわたり使用される金属材料の劣化度推定に際して、定期的に材料のスケール厚さを測定し、スケール厚さと運転時間の関係を両対数グラフ上にプロットした時の勾配を求め、予め機械的強度と前記勾配との関係を求めておき、前記勾配を用いて金属材料の機械的強度の劣化度を推定する事の特徴とする材料劣化度推定法。

(2) スケールの厚さを渦流式のスケール厚さ計で測定することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の材料劣化度推定法。

## 3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

(産業上の利用分野)

本発明は、例えば火力発電プラントで使用される高・中圧タービンのロータやケーシング、あるいは蒸気弁等のように、高温下で長期間にわた

って使用される金属材料の劣化を非破壊的に検出する方法に関する。

(従来の技術)

火力発電プラントや化学プラント等のように高温流体を用いて運転されるプラントにおいて、その主要機器に使用されている金属材料は、高温下で内圧あるいは熱応力等の外力を受けているため、長期間にわたる使用中にクリープ破壊抵抗の低下、低サイクル疲労強度の低下、延性の低下等の機械的強度の劣化が進行する。そのため、機器の劣化度を知り、破損が生じる前に交換あるいは補修を行うことが必要である。

材料の劣化度を知るための技術には、大きく分けて、使用高温材料から適当な大きさのサンプルを切出して破壊試験を行う方法と、被破壊的に劣化度を検出する方法の二つがある。

前者の方法は直接的に機械的強度を測定できるという点で優れている。また、後者の方法としては、例えば特開昭57-29947号公報に開示されているように、硬さや電気抵抗を測定する方法や、特

開昭59-135362号公報に開示されているように、材料の磁化率の変化を測定する方法がある。

(発明が解決しようとする問題点)

上述の従来の破壊試験による方法では、機器の一部を壊さなければならないという欠点があるほか、結果が出るまで時間がかかるという欠点がある。

一方、非破壊的に劣化を検出する方法では、これを適用しようとする部品が高温に長時間さらされていると金属表面に酸化スケールがたい積するため、硬さや電気抵抗を測定する場合には、スケール除去のため、表面を研磨する必要がある。このため、板厚の薄いものでは研磨により必要肉厚を割る危険性がある。また、表面に脱炭層を生じている場合にはさらに脱炭層まで除去する必要がある。この様に硬さや電気抵抗を測定する方法では測定前に表面仕上げが必要である。

また、非破壊的に劣化を検出する方法の内、材料の磁化率の変化を利用するものはオーステナイト系ステンレス鋼のような常磁性体材料では有効

な方法であるが、蒸気タービン等に常用されている強磁性体である低合金鋼には適用できないという欠点がある。

本発明は金属材料表面を研磨することなく、材料の劣化度を非破壊的に検出し得る材料劣化度推定法を提供することを目的とするものである。

[発明の構成]

(問題点を解決するための手段)

本発明は定期的に金属材料の検査面のスケール厚さ $S$ を測定し、このスケール厚さ $S$ と運転時間 $t$ の関係を両対数グラフ上にプロットした場合の勾配 $m$ (酸化スケールの生成速度パラメータ)を次式

$$m = \log S / \log t \dots \dots (1)$$

から求め、予め機械的強度との関係を線図の形で形成しておき、上記勾配 $m$ の値から機械的強度の劣化度を推定するものである。

(作用)

高温下に長時間さらされた材料はその表面に酸化スケールが生成されるが、その生成速度は材

料が経年的に劣化しない場合には以下のように表される。すなわち、第2図に示すように金属材料、例えばロータ1の表面に厚さ $S$ の酸化スケール2があるとすると、この金属表面から金属原子が電離した状態でスケール中を拡散し、酸化スケール2の表面に達した時に酸化し、新たな酸化スケール2を生成させる。従って、スケール生成速度 $dS/dt$ は拡散する行程の長さ、即ち酸化スケール2の厚さ $S$ に比例することになるので、以下の式により表わすことができる。

$$dS/dt = C/S \dots \dots (2)$$

ただし、 $C$ は比例定数で、材料温度および酸化雰囲気により決定される。

この式を解くと

$$S^2 = 2Ct \dots \dots (3)$$

となり、スケール厚さ $S$ の2乗と、時間 $t$ の間に比例関係があることがわかる。従って、スケールの厚さ $S$ と時間 $t$ を両対数グラフ上にプロットすると、第3図のように勾配 $m = 1/2$ の直線となる。

一方、高温に長時間さらされている間に炭化物

の粗大化などの金相学的変化を生じると、材料の酸化腐蝕特性も変化する。このため、両対数グラフ上にスケール厚さ $S$ と時間 $t$ の関係をプロットすると、第4図のように、勾配 $m$ が材料の劣化とともに当初の $1/2$ より大きくなる傾向を示す。

従って両対数グラフ上の勾配 $m$ (第1式)と、機械的性質との関係を実験的に求めておき、定期的にスケール厚さ $S$ を測定すれば、材料の劣化度を求めることができる。

(実施例)

次に、図面を参照しながら本発明の実施例を説明する。

第1図において、符号1は高温高圧の蒸気中で運転される蒸気タービンロータを示し、符号2はロータ表面に付着した酸化スケールを示す。この酸化スケール2の上には、その厚さを測定するため、渦流式のスケール厚さ計3が取付けらる。このスケール厚さ計としては、表面塗装の厚さ等を測定する際などに常用されている厚さ計をそのまま転用してもよい。

スケール厚さ計3の取付けと、それによる測定は、予め定めたスケジュールに従って定期的に行われるが、事業用蒸気タービンの場合には、定期的に運転を止めて検査するので、この機会を利用して行うのが望ましい。

一方、実験室において被測定金属材料と同一材料の長時間加熱を行い、劣化した材料についてクリープ破断試験を実施すると、第5図のようになる。同図の横軸の温度・時間パラメータPは次式

$$P = T (20 + \log tr) \dots (4)$$

ただし、T : 温度

tr : 破断時間

によって定義されるものである。

ここで、酸化スケールの生成速度パラメータm(=  $\log S / \log t$ )は、未使用状態では、1/2であるが、劣化が進行するにつれてmの値は大きくなり、クリープ破断特性も第5図に示すように同一応力に対し、温度時間パラメータPが小となる方向へ変化する。

そこで定期的にロータで測定したスケール厚さ

と時間を両対数グラフ上にプロットして勾配mを求め、上記実験室的に求めたクリープ破断特性とmの関係を用いると、ロータのクリープ破断強度が求まる。

以上のように本発明によれば、ロータに傷をつけることなく、非破壊的にクリープ破断を推定することができるので、従来よりもはるかに手軽に劣化度を求めることが可能である。

なお、上記実施例はクリープ破断強度の推定であるが、この手法は他の機械的強度特性、すなわち低サイクル疲労特性、高サイクル疲労特性、引張特性、亀裂伝播特性等の推定に際しても同様の手法を用いる事により適用できる。

#### [発明の効果]

以上説明したように、本発明は定期的に材料のスケール厚さを判定し、両対数グラフ上に時間と厚さをプロットすることで、材料の機械的特性を推定することができ、その結果、製品に傷をつけないで非破壊的に機械的特性を迅速かつ容易に求めることができるという利点を有する。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例を示す蒸気タービンロータのスケール厚さ測定状態の概略図、第2図はスケール生成の機構を示す概念図、第3図は劣化していない材料のスケール生成量と時間のプロット図、第4図は経時的に劣化が進行する材料のスケール生成量と時間のプロット図、第5図は温度時間パラメータPと応力 $\sigma$ の関係を示すグラフである。

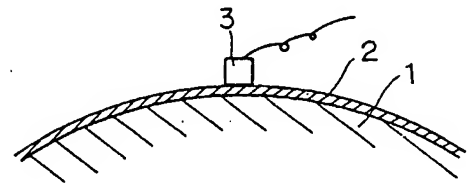
1…ロータ

2…酸化スケール

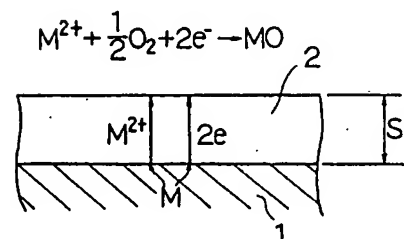
3…スケール厚さ計

出願人 株式会社 東芝

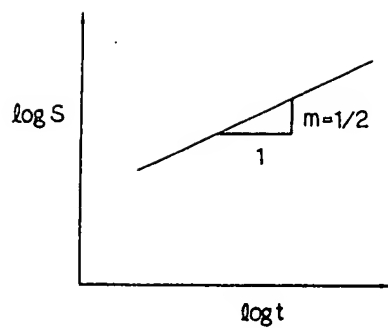
代理人 井理士 須山 佐一



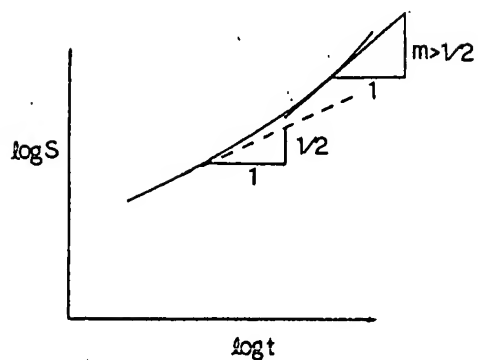
第1図



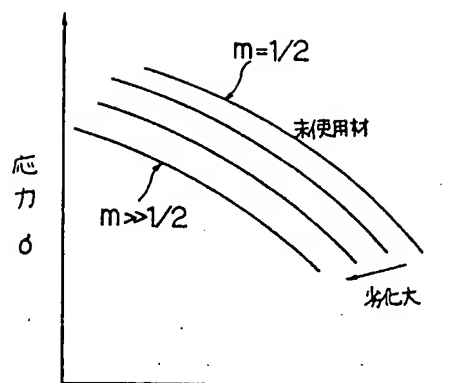
第2図



第 3 図



第 4 図



第 5 図